ESTUDO DA VARIAÇÃO VOLUMÉTRICA DA ÁGUA MODAL SUBTROPICAL DO ATLÂNTICO SUL

Bernardo[1] , P. S.; Sato[1], O.T.; Ferreira[1], M.B.

[1]*Laboratório de Oceanografia por Satélites (LOS)*

Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo - IOUSP

Praça do Oceanográfico, 191, Cidade Universitária, São Paulo (SP) - Brasil

piero.bernardo@usp.br

Resumo

Perfis de temperatura e salinidade de dados *in situ* foram processados e analisados, tendo como primeiro objetivo a identificação e localização da Água Modal Subtropical (AMST) no Atlântico Sul. Posteriormente, os perfis de água modal selecionados foram separados em duas subcategorias: formação e de subsuperfície. Na formação, observamos uma área restrita a 40°S e 32°S com espessuras de até 350 m. Esta água ao afundar, abrange uma área mais ampla entre 40°S e 25°S, porém alterando a espessura, reduzindo a 150 m. Desta maneira, tornou-se possível estimar o volume de cada categoria para cada mês, evidenciando a relação entre o volume formado e o volume submerso e a variação destes ao longo do ano.

1 Introdução

Águas modais são caracterizadas como camadas verticalmente homogêneas, observadas tanto na superfície como na subsuperfície dos oceanos, comumente formadas durante os meses de inverno devido a mistura convectiva. Durante o inverno, as correntes de borda oeste que carregam águas mais quentes em direção aos polos encontram regiões com condições atmosféricas extremas de baixa temperatura e umidade (Davis et al. 2013). As regiões onde ocorrem essas interações normalmente são dominadas por altas perdas de calor latente do oceano para a atmosfera. Desta forma, as águas da superfície perdem uma quantidade considerável de calor, tornando–se mais densas e portanto afundam até as camadas inferiores devido a perda de empuxo. A convecção estabelecida é um mecanismo que incrementa a mistura vertical das camadas desde a superfície até a subsuperfície, favorecendo a transferência de calor armazenado pelo oceano para a atmosfera. Com a formação de uma termoclina sazonal na primavera e verão, essa camada homogênea formada por processos convectivos e portanto com características adquiridas na superfície, fica aprisionada abaixo da superfície e, por fim, é advectada pela circulação do giro subtropical proveniente da região de formação.

Segundo Hanawa e Talley (2001), observa-se a ocorrência de água modal em diversas bacias oceânicas. No Atlântico Sul, Provost et al. (1999) classificou a água modal subtropical em três tipos, de acordo com a densidade, temperatura potencial e salinidade típica. Posteriormente, Sato e Polito (2014), utilizando dados de flutuadores Argo, observaram a presença da AMST no Atlântico Sul, associando esta a valores mínimos de vorticidade potencial (VP).

1.1 Objetivos

A hipótese do trabalho é que a utilização de um conjunto de dados com amostragem regular no tempo e espaço permite uma determinação mais precisa do volume de água modal. Com isso poderemos fazer uma melhor delimitação da época e região de formação e de sua evolução na fase submersa. De forma mais específica, os objetivos são:

1. Obtenção dos dados de temperatura e salinidade, interpolação e organização destes perfis;
2. Identificação da AMST através dos valores propostos por Sato e Polito (2014), separando os perfis referentes a formação de água modal e as de subsuperfície;
3. Determinação da distribuição espacial da AMST, mensal e anual, e estimativa da persistência destas áreas ao longo da década;
4. Avaliação do volume destas duas subcategorias de AMST e comparação destes valores.

2 Metodologia

A região de estudo é definida na porção sudoeste do Atlântico Sul entre 20°S a 50°S e 70°W a 10°W. A estrutura de salinidade e temperatura e sua variabilidade serão investigadas usando médias mensais de dados do French Research Institute for Exploitation of the Sea (IFREMER) (Gaillard et al. 2009) entre 2002 e 2012. Este conjunto de dados globais denominado In Situ Analysis System (ISAS) agrega e trata dados de flutuadores Argo, de CTD e XBT, em campos gradeados com 152 níveis de profundidade (da superfície até 2000 m), longitude variando de 0,5 em 0,5° e a latitude variando do Equador até 77°S (0,1125°).

Sendo assim, visando estudar o comportamento da AMST e a variação do volume, o procedimento para processamento dos dados envolveu as seguintes etapas:

- Obtenção dos dados e estimativa da temperatura (θ) e densidade potencial (σ_θ), gradiente de temperatura e densidade, e vorticidade potencial;
- Interpolação vertical dos perfis para 401 níveis de profundidade (de 0 a 2000 m, de 5 em 5 m) e horizontal da latitude, gerando uma grade regular de $0{,}5^\circ \times 0{,}5^\circ$;
- Utilização dos seguintes valores dos parâmetros para identificação da AMST:

	VP mínimo ($m^{-1}s^{-1}$)	σ_θ (kg m^{-3})	θ (°C)	Salinidade
AMST	$1{,}5 \times 10^{-10}$	26,3 $\leftrightarrow$ 26,5	14,1 $\leftrightarrow$ 18,5	34,7 $\leftrightarrow$ 36,5

- Emprego da profundidade da camada de mistura climatológica (Holte et al. 2010) para distinguir os perfis de AMST dos de camada de mistura;
- Determinação da distribuição espacial da AMST mensal, identificação das áreas de formação (perfis que se iniciam a partir da superfície) e de subsuperfície (perfis que não possuem água modal a 0 m), avaliação da persistência dentro do período destas áreas;
- Quantificação das espessuras dessas regiões para estimativa dos volumes mensais.

3 Resultados

Através da identificação da AMST no conjunto de dados, tornou-se possível estimar a área ocupada pela água modal. Por conseguinte, com o conhecimento da área preenchida mensalmente pela AMST, estimou-se a persistência (em porcentagem) dessas regiões (Figura 1).

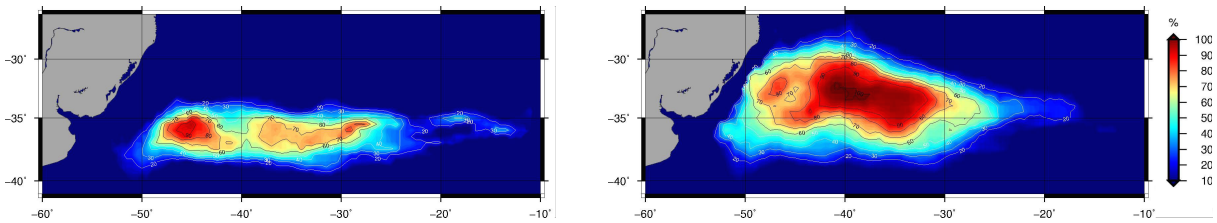

Figura 1: Persistência da AMST no processo de formação nos meses de Julho a Outubro (esquerda) e em subsuperfície entre 2002 e 2012.

Observa-se na Figura 1 que região de formação situa-se entre 40°S e 32°S, e seu aparecimento está restrito de julho a outubro. Já a região de água modal de subsuperfície está presente ao longo de todo o ano, apresentando pontos que persistem ao longo de todos os meses, ocupando uma área mais abrangente de 40°S a 25°S. Ao observarmos a espessuras das colunas de água modal, identificamos que a região de formação apresentam camadas que atingem 350 m de espessura. Já as áreas de subsuperfície apresentam camadas menos espessas de 150 m. Conforme a água modal formada afunda e desloca-se para o noroeste, a espessura das colunas de água modal diminui. Isto posto, apesar da diferença entre as áreas, os volumes da água modal de superfície e de subsuperfície tendem a se igualar em determinados meses (Figura 2).

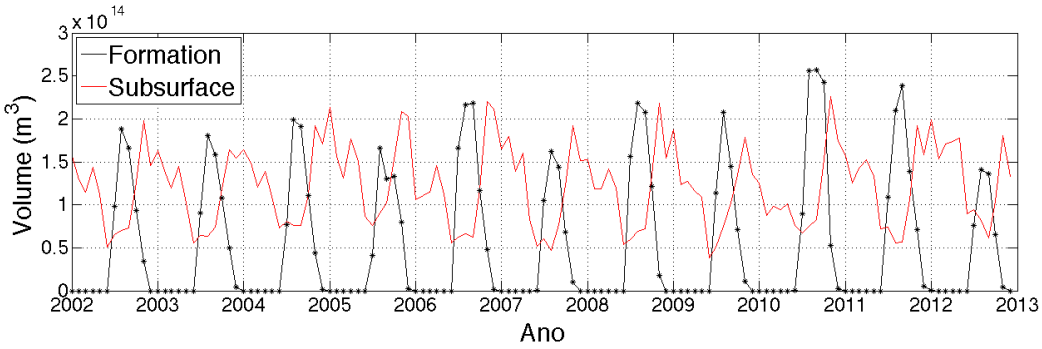

Figura 2: Comparação entre o volume referente a área de formação de AMST e da região de subsuperfície entre 2002 e 2012.

Observarmos que a água modal na fase submersa está presente ao longo de toda série temporal, apresentando volume médio de 1,20 ($\pm$0,04) $\times$ 10^{14} m^3, apresentando valores mínimos ao longo do inverno. Durante a formação ocorre a injeção de uma nova água modal que após um período de 3,3 meses será incorporado ao volume de água submersa, apresentando valores médios de 0,53 ($\pm$0,16) $\times$ 10^{14} m^3, e atingindo valor máximo de 2,56 $\times$ 10^{14} m^3 em 2010. A diminuição do volume submerso ao longo do ano demonstra que processos internos de dissipação ou mesmo advecção lateral são responsáveis pela destruição da água modal.

4 Conclusão

Através da identificação da região de formação da AMST e de subsuperfície, tornou-se possível a estimativa de volume dessas regiões e a relação entre estes. Consequentemente, estabeleceu-se uma base de informações para analisarmos as variáveis envolvidas no processo de formação da AMST. Tendo em vista este objetivo, utilizaremos a metodologia estabelecida por Walin (1982). Ao compararmos futuramente o volume real estimado neste trabalho com o esperado devido a convecção na região, teremos como estimar que outros fatores podem influenciar o processo de formação da AMST.

Referências

Davis, X. J., R. A. Weller, S. Bigorre, and A. J. Plueddemann, 2013:. Local oceanic response to atmospheric forcing in the Gulf Stream region. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*.

Gaillard, F., E. Brion, and R. Charraudeau, 2009:. Isas–v5: Description of the method and user manual. *IFREMER Rapport LPO*, 09–04.

Hanawa, K. and L. Talley, 2001:. Mode waters, ocean circulation and climate. *International Geophysics Series*, 373–386.

Holte, J., J. Gilson, L. Talley, and D. Roemmich, 2010:. Argo mixed layers. *Scripps Institution of Oceanography/UCSD*.

Provost, C., C. Escoffier, K. Maamaatuaiahutapu, A. Kartavtseff, and V. Garçon, 1999:. Subtropical mode waters in the South Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research-Oceans 104*(C9), 21,033–21,049.

Sato, O. and P. Polito, 2014:. Observation of south atlantic subtropical mode waters with argo profiling float data. *Journal of Geophysical Research, submited*.

Walin, G., 1982:. On the relation between sea-surface heat flow and thermal circulation in the ocean. *Tellus 34*(2), 187–195.